



## LA INTEGRACIÓN FOTOVOLTAICA EN LA REHABILITACIÓN AMBIENTAL EDILICIA

**Carolina Ganem y Alfredo Esteves**  
**Laboratorio de Ambiente Humano y Vivienda (LAHV), (INCIHUSA)**  
**Centro Regional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CRICYT) (CONICET)**  
**C.C. 131. C.P. 5500, Mendoza, Argentina**  
**Tel. (0261) 4288314 Int. 270, Fax. (0261) 4287370**  
**E-mail: [cganem@lab.cricyt.edu.ar](mailto:cganem@lab.cricyt.edu.ar)**

### RESUMEN

En el desarrollo de este trabajo se estudia un producto industrial: el módulo fotovoltaico, sus posibilidades de uso y de integración a la rehabilitación arquitectónica y a la función ambiental. La integración de sistemas activos en la captación solar ofrece un potencial extra a desarrollar para el logro de un mayor ahorro energético global a partir de la producción eléctrica. Se propone asimismo aprovechar el remanente de aire caliente, producto de la refrigeración del sistema fotovoltaico, para el calefaccionamiento de la vivienda. Se han analizado cuatro casos diferentes de integración arquitectónica en las orientaciones Norte, Este y Oeste. Se han calculado estimaciones de los rendimientos eléctricos y de los aportes térmicos para cada caso. Se debe tener en cuenta que en los casos con mejores resultados la consideración de un sistema térmico directo es posible. Pero, en los casos menos favorecidos los sistemas combinados, que se refuerzan con sistemas térmicos puntuales, se presentan como una opción a estudiar.

**Palabras Clave:** rehabilitación ambiental, integración fotovoltaica, sistemas fotovoltaicos-térmicos

### INTRODUCCIÓN

El parque edilicio ofrece potencialidades de rehabilitación ambiental a partir del diseño de su envolvente que permiten disminuir el consumo energético y la reducción de las emisiones polucionantes.

El diseño de las envolventes de los edificios es una tarea compleja en la que intervienen diferentes actores. Se trata de un proceso en el que debe existir concordancia entre la industria de la construcción y el profesional interviniente. Tradicionalmente los materiales, elementos o componentes de construcción son descriptos individualmente y exhaustivamente por la industria. Dichas descripciones se refieren sólo al producto aislado. Queda en manos del profesional aplicar conceptos integradores que potencien las posibilidades ambientales del producto y de la arquitectura. Como resultado se logra una construcción eficiente y una mejor gestión para el usuario de la energía consumida (costos, uso de energía limpia, conciencia ambiental, etc.)

El consumo de energía en las viviendas supone un impacto ambiental a escala global debido, esencialmente, a las emisiones de CO<sub>2</sub> y al agotamiento de recursos no renovables producido por un modelo energético basado en combustibles fósiles. La energía solar fotovoltaica permite transformar en electricidad la radiación solar mediante la denominada célula fotovoltaica, formada por un semiconductor, normalmente de silicio. Una instalación que cubra el consumo total de electricidad puede reducir el 39% de las emisiones totales de CO<sub>2</sub> de una vivienda (Cuchi et al. 2003).

En el desarrollo de este trabajo se estudia un producto industrial: el módulo fotovoltaico, sus posibilidades de uso y de integración a la rehabilitación arquitectónica y a la función ambiental. La integración de sistemas activos en la captación solar ofrece un potencial extra a desarrollar para el logro de un mayor ahorro energético global a partir de la producción eléctrica.

Se propone aprovechar la energía térmica, producto de la refrigeración del sistema fotovoltaico, para el aporte en el calefaccionamiento de la vivienda. El beneficio de dicha complementación favorece a la mejora del funcionamiento ambiental de la vivienda como un todo, al mejor rendimiento del sistema fotovoltaico como producto en sí mismo evitando el sobrecalentamiento de las células permitiendo un óptimo rendimiento eléctrico y mejorando la amortización del sistema total.

De esta forma es posible rehabilitar envolventes edilicias transformando a las edificaciones de consumidoras a menores consumidoras y productoras de energía.

### VENTAJAS DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO INTEGRADO EN LA ARQUITECTURA

La integración en los edificios ofrece múltiples ventajas, estrictamente relacionadas con la concepción ambiental:

- **Protección o reemplazo de materiales en la envolvente.**

El módulo instalado puede sustituir el material de la envolvente del edificio. El ahorro de materiales lleva a un beneficio económico y ambiental viable según el tipo de material de la envolvente sustituido. En un caso de rehabilitación, muchas veces es posible el reemplazo o la protección de un material deteriorado con módulos fotovoltaicos utilizados como revestimiento o cara exterior de la envolvente.

- **Nuevo uso de superficies exteriores.**

El aprovechamiento de superficies ya existentes en los ámbitos urbanos permite la adaptación de los paneles directamente sobre la envolvente de los edificios en áreas con buena incidencia solar.

- **Utilización de la energía eléctrica en el mismo lugar en el que se produce.**

Reducción de las dispersiones de energía por el hecho de que ésta se utiliza en el lugar en donde se produce (bajísimas pérdidas de distribución).

- **Posibilidad de aprovechar la energía térmica producida.**

Un módulo fotovoltaico expuesto al sol se calienta y puede llegar en determinadas circunstancias a temperaturas vecinas a los 80° C (Gamberale et al., 1999). El aumento de la temperatura genera una considerable disminución del rendimiento de los paneles. Al aumentar la temperatura, la tensión baja y, aunque la intensidad se incrementa es en menor proporción, lo que lleva al descenso en el rendimiento. La temperatura óptima de trabajo del panel es de 25° C. Es posible enfriar los mismos haciendo circular de forma forzada o natural un fluido (aire o líquido en contacto con la parte posterior de los módulos).

En invierno el calor recogido por el fluido puede ser introducido en un ambiente y calefaccionarlo o puede ser utilizado para precalentar agua sanitaria. En verano el calor es expulsado al exterior. Las ventajas de esta aplicación son por un lado, el aprovechamiento de una cantidad de energía calórica que de otra forma se perdería y por el otro la disminución de la temperatura del módulo fotovoltaico para beneficio de la producción de energía. La utilización de sistemas fotovoltaicos en las áreas urbanas, complementarios a sistemas de ahorro energético y a sistemas de enfriamiento pasivo, es una solución válida para reducir la demanda del pico de electricidad y los impactos ambientales, manteniendo al mismo tiempo inalterado el nivel de confort.

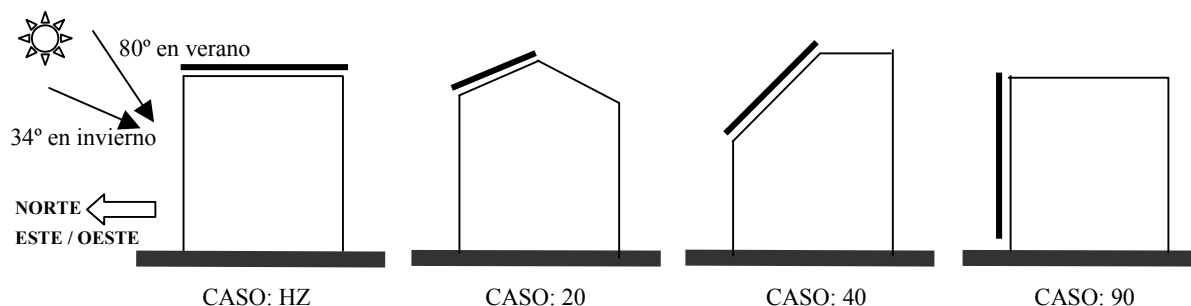
- **Utilización de los paneles con más de una función.**

Los paneles fotovoltaicos son extremadamente versátiles y se adaptan a desarrollar diversas funciones en el edificio. Como ejemplo, se pueden citar funciones de parasoles o de lucernarios. En lucernarios, particularmente, se pueden usar paneles de silicio amorfo transparente o módulos con doble vidrio con las células distanciadas entre sí para permitir el paso controlado de la luz. Por ejemplo, un sistema de parasoles fotovoltaico para el sombreado de una superficie vidriada, reduce el ingreso de radiación solar en verano y al mismo tiempo el consumo eléctrico. La posibilidad de utilizar el sistema fotovoltaico como dispositivo multi-funcional en un edificio es muy importante, en cuanto aumenta la eficiencia energética global del sistema, aumentando el “valor” real del servicio efectivamente realizado.

## INTEGRACIÓN FOTOVOLTAICA EN LA REHABILITACIÓN AMBIENTAL DE LA ENVOLVENTE.

Uno de los motivos más usuales que originan la rehabilitación de la envolvente edilicia es el deterioro de la superficie exterior. La incorporación de una superficie fotovoltaica permite, además de la producción de energía eléctrica, la mejora en el comportamiento ambiental de la vivienda, y a la vez la protección de las inclemencias climáticas de dicha superficie evitando su exposición directa al exterior. Para esto, se plantea la rehabilitación de la envolvente a partir de la generación de un sector de “doble piel” que envuelve parte de la superficie exterior del edificio con módulos fotovoltaicos.

Con el fin de evaluar el rendimiento del sistema propuesto en las posibilidades más comunes de integración a la morfología edilicia se plantean los siguientes cuatro casos de estudio para la ciudad de Mendoza, para las orientaciones Norte y Este / Oeste:



CASO HZ: FV paralelo al techo plano.  $\beta = 0^\circ$

CASO 20: FV paralelo al techo inclinado.  $\beta = 20^\circ$ . Al Norte: 20–N y al Este / Oeste: 20–E/O

CASO 40: inclinación óptima anual para la ciudad de Mendoza.  $\beta = 40^\circ$ . Al Norte: 40–N y al Este / Oeste: 40–E/O

CASO 90: FV paralelo a la fachada.  $\beta = 90^\circ$ . Al Norte: 90–N y al Este / Oeste: 90–E/O

## RENDIMIENTO DEL FOTOVOLTAICO INTEGRADO CASO POR CASO

Para evaluar el rendimiento eléctrico de un sistema fotovoltaico integrado en una vivienda determinada es imprescindible analizar dos puntos fundamentales: A: la oferta de potencia solar de la que podemos disponer y B: la demanda de energía eléctrica de la vivienda.

### A – Determinar la oferta de captación de la que podemos disponer.

- Condicionantes climáticas para la ciudad de Mendoza

Latitud:  $-32.8^\circ$

Heliofania Relativa: 60%

Radiación solar: Se presenta en forma mensual y anual en la Tabla 1 para los distintos casos.

Dichos valores mensuales también se grafican en la Figura 1. Los valores se obtienen de la aplicación del método de Liu y Jordan para planos inclinados. (Liu y Jordan, 1963)

Tabla 1: Radiación solar incidente mensual y anual en Mendoza [ $\text{Mj./m}^2$ ] – Orientaciones Norte y Este / Oeste.

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>HZ</b>	21,76	20,77	16,48	13,40	10,28	8,50	9,19	12,93	15,35	19,76	20,82	21,19	<b>190,43</b>
<b>20-N</b>	21,41	21,33	18,02	16,08	13,62	11,76	12,49	15,96	17,18	20,55	20,62	20,68	<b>209,69</b>
<b>40-N</b>	19,16	19,96	17,89	17,22	15,62	13,84	14,55	17,46	17,41	19,47	18,58	18,35	<b>209,49</b>
<b>90-N</b>	7,80	9,75	10,84	12,94	13,64	12,72	13,11	13,78	11,24	9,97	7,78	7,23	<b>130,78</b>
<b>20-E/O</b>	20,79	19,85	15,79	12,91	10,05	8,23	9,03	12,51	14,73	18,89	19,89	20,41	<b>183,08</b>
<b>40-E/O</b>	18,25	17,55	14,09	11,79	9,37	7,61	8,46	11,49	13,20	16,74	17,48	18,05	<b>164,09</b>
<b>90-E/O</b>	9,83	9,79	8,28	7,41	6,30	5,06	5,78	7,36	7,90	9,44	9,47	9,96	<b>96,59</b>

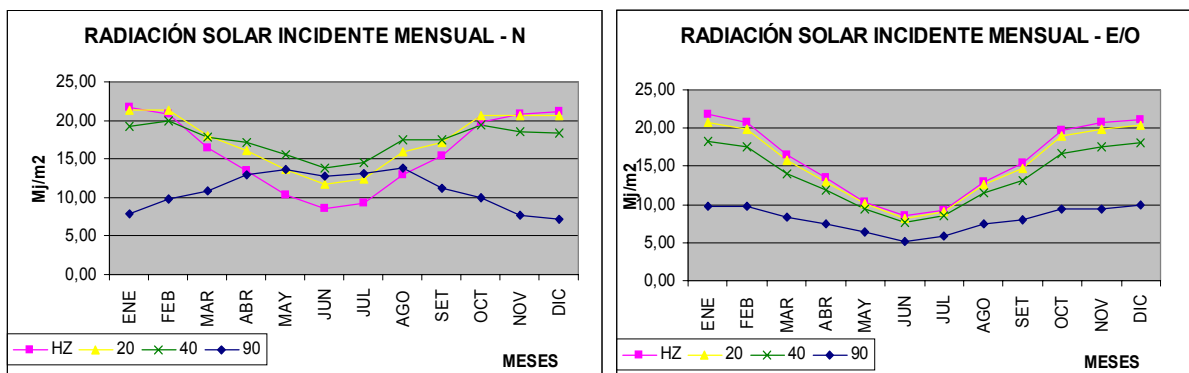


Figura 1: Radiación solar incidente mensual en Mendoza [ $\text{Mj./m}^2$ ]– Orientación Norte y Este / Oeste.

- Condicionantes urbanas

Orientación en la trama: NORTE (hacia el ecuador en el hemisferio Sur) y ESTE / OESTE

Obstrucciones: ninguna

- Condicionantes Arquitectónicas

Superficies disponibles en la envolvente para la integración del captador: Orientación e inclinación de dichas superficies. Ver casos HZ, 20, 40, 90.

- Condicionantes del sistema

Rendimiento del captador: Se considera un módulo de silicio monocristalino (tipo Shell SP65) con una potencia máxima de 16W. Sus dimensiones son 1,2 m x 0,560 m. El rendimiento medio diario mensual y anual para cada caso de estudio se presenta en la Tabla 2. Los valores anuales también se grafican en la Figura 2.

Tabla 2: Valores de rendimiento medios diarios por orientación (Wh/día por módulo). Valores mensuales y anuales.

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>HZ</b>	393	375	297	242	186	153	166	233	277	357	376	383	<b>3438.2</b>
<b>20-N</b>	387	385	325	290	246	212	225	288	310	371	372	373	<b>3786.0</b>
<b>40-N</b>	346	360	323	311	282	250	263	315	314	351	336	331	<b>3782.5</b>
<b>90-N</b>	141	176	196	234	246	230	237	249	203	180	140	131	<b>2361.3</b>
<b>20-E/O</b>	375	358	285	233	182	149	163	226	266	341	359	369	<b>3305.7</b>
<b>40-E/O</b>	330	317	254	213	169	137	153	207	238	302	316	326	<b>2962.8</b>
<b>90-E/O</b>	178	177	149	134	114	91	104	133	143	170	171	180	<b>1744.0</b>

## B – Analizar la demanda de energía de las viviendas. (iluminación y electrodomésticos)

- Condicionantes energéticas (confort)

Cantidad de energía: Se detalla en la Tabla 3 una estimación promedio de demanda energética para una vivienda para cuatro personas. (Mañà, 2002).

Tabla 3: Estimación promedio de demanda energética para una vivienda.

	Nº de aparatos	Duración [horas/día]	Potencia [kW]	Consumo diario	Consumo anual [kWh/año]
<b>ILUMINACIÓN</b>					
Fluorescente compacta 11 W	8	1,5 horas/día	0,011	132 Wh/día	48,18
Fluorescentes	4	2,5 horas/día	0,025	250 Wh/día	91,25
<b>ELECTRODOMÉSTICOS</b>					
Microondas	1	0,30 hora/día	0,800	240 Wh/día	87,60
TV	1	5 horas/día	0,036	180 Wh/día	65,70
Computadora	1	2 horas/día	0,120	240 Wh/día	87,60
Pequeños electrodomésticos: (secador pelo, batidora, taladro, etc.)	1	0,15 hora/día	1,5	225 Wh/día	82,12
<b>Total:</b>				<b>1267 Wh/día</b>	<b>462,43 kWh/año</b>

- Condicionantes de uso

Gestión del sistema – Mantenimiento: óptimos

### RENDIMIENTO ANUAL Y CANTIDAD DE MÓDULOS NECESARIOS

De acuerdo a la demanda energética diaria estimada en 1267 Wh/día, se requieren según el caso, una cantidad de módulos para cubrirla en el mes más desfavorable (junio) que se indican en la Figura 3.

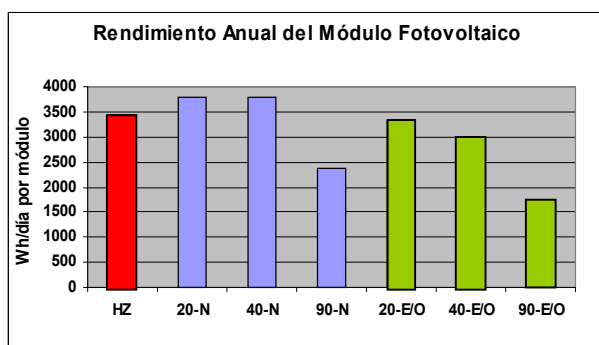


Figura 2: Rendimiento anual [Wh/día por módulo]

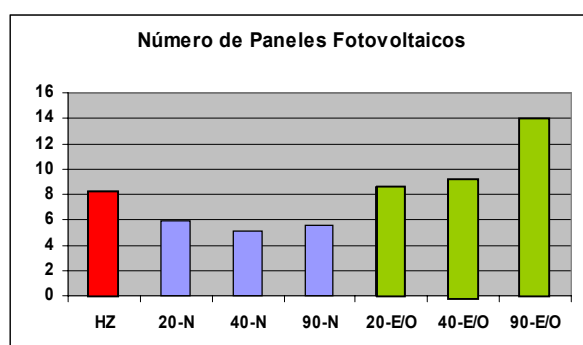


Figura 3: N° de paneles FV para junio

Al comparar los resultados de rendimiento anual de cada caso en relación con la cantidad de paneles necesarios para cubrir la demanda, notamos algunos puntos interesantes a tener en cuenta:

Si lo que se busca es optimizar la inversión económica y ambiental de la vivienda, es decir, reducir al mínimo la cantidad de paneles necesarios para cubrir una demanda uniforme a lo largo del año, entonces se debe privilegiar el aprovechamiento de las superficies con orientación Norte (casos 20-N, 40-N y 90-N). Esta decisión incluye el caso 90-N, aunque el rendimiento anual de éste sea uno de los más bajos. Como una segunda opción se presenta el aprovechamiento de superficies horizontales y el caso 20-E/O, y finalmente, el resto de las orientaciones Este y Oeste.

Si lo que se busca, en cambio, es aprovechar el máximo rendimiento energético anual del panel fotovoltaico debemos considerar todas las posibilidades en las orientaciones Norte, Este y Oeste, que vayan desde la horizontal del plano hasta la inclinación a 40°, siendo los casos con menor rendimiento los correspondientes a las paredes verticales (90-N y 90-E/O). Esta situación permite el aprovechando la energía para el abastecimiento de la vivienda y también para algún tipo de producción estival, como el secado de frutas, debido al rendimiento heterogéneo de los módulos que se incrementa considerablemente en verano.

### APROVECHAMIENTO DE LA ENERGÍA TÉRMICA

Una de las ventajas de la integración fotovoltaica es la posibilidad de aprovechar la energía térmica residual producida por el panel para calefaccionar la vivienda. Dicha energía en forma de aire caliente, debe ser disipada para lograr el rendimiento óptimo de los módulos.

La temperatura de operación de un módulo fotovoltaico está determinada por un balance energético. La energía solar absorbida por el módulo se convierte parcialmente en energía térmica y parcialmente en energía eléctrica que es removida de la célula a través de un circuito externo. La energía térmica debe ser disipada y la transferencia de calor del módulo debe ser maximizada para que las células operen a la menor temperatura posible. (Duffie y Beckman, 1991)

Se plantean tres opciones de aprovechamiento del sistema fotovoltaico – térmico:

- **Directo: Ingreso del aire caliente directamente al espacio interior a calefaccionar.**  
- Ventajas: Muy bajo costo, sin necesidad de espacio adicional para la instalación del sistema.  
- Desventajas: Aprovechamiento del aire caliente en el momento de mayores temperaturas del aire exterior.
- **Indirecto: El aire caliente pasa a un acumulador (lecho de piedras) para luego entregarse al interior del espacio.**  
- Ventajas: Aprovechamiento del aire caliente.  
- Desventajas: Mayor costo y mayor necesidad de espacio para la instalación del sistema.
- **Combinación Directa – Indirecta: El aire caliente se pre-calienta en el fotovoltaico y alcanza su máxima temperatura en un sistema térmico. Luego pasa a un acumulador (lecho de piedras) para luego entregar por radiación y convección calor al interior del espacio.**  
- Ventajas: Mayor rendimiento del aprovechamiento del aire caliente cuando menos caliente está en el exterior.  
- Desventajas: Mayor costo y mayor necesidad de espacio para la instalación del sistema.

## 7. SISTEMA DIRECTO DE APROVECHAMIENTO DE ENERGÍA TÉRMICA

En este trabajo se analiza la posibilidad de aprovechamiento fotovoltaico – térmico directo, quedando pendiente a futuro el desarrollo de las posibilidades indirectas y combinadas.

Se estudian las posibilidades de invierno. Esta estación presenta los niveles de radiación incidente más bajos del año y por esto es crítico tanto para el calefaccionamiento como para producción de energía fotovoltaica.

En la Tabla 4 se detalla la potencia solar horaria para el día promedio del mes de junio (n = 168). Dichos valores fueron calculados a partir de los obtenidos con el método de Liu y Jordan para el cálculo de la radiación incidente en planos inclinados. (Liu y Jordan, 1963) Los mismos se grafican en la Figura 3.

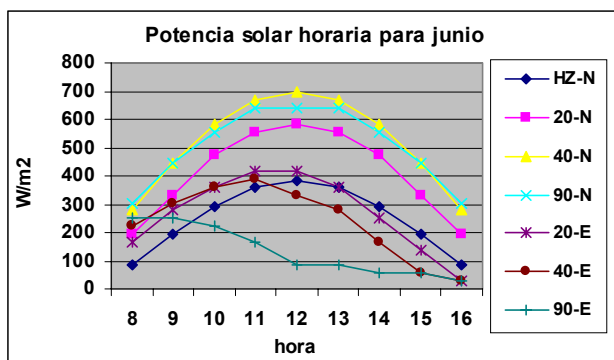


Figura 3. Potencia solar horaria para junio [W/m²]

Tabla 4. Potencia solar horaria para junio [W/m²]

hora	HZ-N	20-N	40-N	90-N	20-E	40-E	90-E
8	88	194	278	306	167	222	250
9	195	333	444	444	278	306	250
10	292	472	583	556	361	361	222
11	360	556	667	639	417	389	167
12	385	583	694	639	417	333	83
13	360	556	667	639	361	278	83
14	292	472	583	556	250	167	56
15	195	333	444	444	139	56	56
16	88	194	278	306	28	28	28

En la Tabla 5 se presentan, según el método de Duffie y Beckman, las temperaturas de las células fotovoltaicas hora a hora en las distintas orientaciones e inclinaciones sin considerar el movimiento de aire por el colector (Duffie y Beckman 1991)

$$T_c = T_a + (G_T \alpha_c / U_L) (1 - n_c / \alpha_c)$$

Siendo:

T<sub>c</sub>: Temp. de la célula (°C)

T<sub>a</sub>: Temp. del ambiente (°C)

G<sub>T</sub>: potencia solar (W/m²)

α<sub>c</sub>: producto de la transmitancia de la cubierta y de la fracción de radiación absorbida: 0,9

U<sub>L</sub>: coeficiente de pérdidas global: 7,5 W/m² °C

n<sub>c</sub>: eficiencia del módulo en la producción eléctrica: 10% (Alcor, 2002)

Tabla 5. Temperatura de la célula hora a hora [°C]

hora	HZ-N	20-N	40-N	90-N	20-E	40-E	90-E	T [°C]
8	12.5	22.9	31.0	33.8	20.2	25.6	28.3	3.9
9	22.9	36.5	47.3	47.3	31.0	33.8	28.3	3.8
10	32.4	50.1	60.9	58.2	39.2	39.2	25.6	7.7
11	39.1	58.2	69.1	66.3	44.6	41.9	20.2	10.7
12	41.5	60.9	71.8	66.3	44.6	36.5	12.0	12.9
13	39.1	58.2	69.1	66.3	39.2	31.0	12.0	14.2
14	32.4	50.1	60.9	58.2	28.3	20.2	9.3	14.6
15	22.9	36.5	47.3	47.3	17.5	9.3	9.3	14.2
16	12.5	22.9	31.0	33.8	6.6	6.6	6.6	12.9

Conocer la distribución horaria de la producción de energía y la temperatura de la célula nos permite calcular el calor que es transferido hora a hora al aire que circula por el sistema fotovoltaico-térmico.

Se ha supuesto para el cálculo un sistema conformado por la integración de 5 módulos fotovoltaicos y con una velocidad de circulación de aire por el colector de 0,5 m³/minuto. Lo que es equivalente a una renovación de 54 m³ de aire por hora.

En la Tabla 6 se comparan las temperaturas del aire caliente hora a hora en las distintas orientaciones e inclinaciones estudiadas. Dichas temperaturas han sido calculadas a partir del Método de Balance Térmico Instantáneo (Saravia et al. 1983)

$$T_s = T_e + (\mu \cdot I \cdot A) / (c_p \cdot \rho \cdot G)$$

Siendo:

$T_s$ : temperatura de salida del aire (°C)

$T_e$ : temperatura de entrada del aire (°C)

$\mu$ : coeficiente de rendimiento del sistema: 0,5

$I$ : radiación incidente (W/m<sup>2</sup>)

$A$ : superficie del colector: 4m<sup>2</sup>

$c_p$ : calor específico del aire: 100 J/kg °C

$\rho$ : densidad del aire: 0,80 kg/m<sup>3</sup>

$G$ : gasto volumétrico del aire: 0,5 m<sup>3</sup>/min

Tabla 6. Temperatura horaria del aire en el colector para cada caso

hora	HZ-N	20-N	40-N	90-N	20-E	40-E	90-E	T Ext
8	8	14	18	19	12	15	16	4
9	14	20	26	26	18	19	16	4
10	22	31	37	35	26	26	19	8
11	29	38	44	43	32	30	19	11
12	32	42	48	45	34	30	17	13
13	32	42	48	46	32	28	18	14
14	29	38	44	42	27	23	17	15
15	24	31	36	36	21	17	17	14
16	17	23	27	28	14	14	14	13

Para visualizar el aporte térmico alcanzable en los dos casos extremos se grafican en las Figuras 4 y 5 la comparación entre la temperatura exterior y la temperatura del aire respectivamente para el caso óptimo 40-N y en el peor caso 90-E.

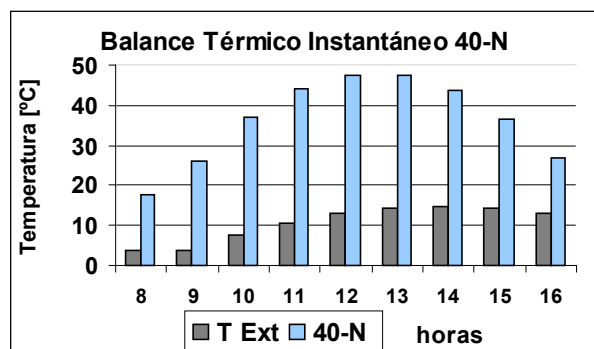


Figura 4.  $\Delta T$  para el caso 40-N.

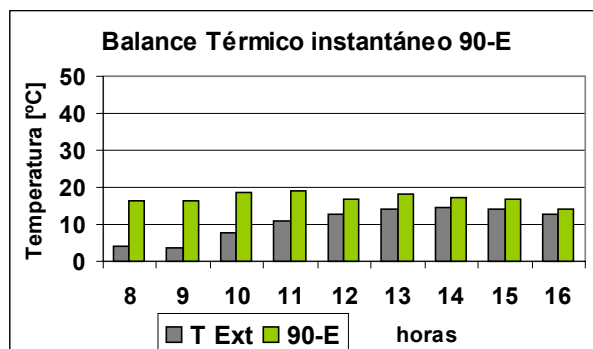


Figura 5.  $\Delta T$  para el caso 90-E

## CONCLUSIONES

El módulo fotovoltaico es un producto industrial de producción de energía eléctrica renovable, viable para su integración arquitectónica en la rehabilitación edilicia de la envolvente.

Es posible aplicar los sistemas fotovoltaicos desde los puntos de vista eléctricos y térmicos. Sus posibilidades de mejorar los balances energéticos de la vivienda no se limitan a una contribución eléctrica, sino también en el aprovechamiento térmico del sistema para el calefaccionamiento de la vivienda. Esta una nueva visión integral del sistema fotovoltaico ya no lo considera como producto industrial en si mismo “en” una vivienda sino como parte integral del funcionamiento global de la misma.

Para el análisis de cuatro casos diferentes de integración arquitectónica en las orientaciones Norte, Este y Oeste, se han estimado los rendimientos eléctricos y los aportes térmicos. Es importante la comprensión de la diferencia en términos de rendimiento anual y rendimiento homogéneo mensual de acuerdo al uso esperado del sistema. Por este motivo se analiza en particular el caso del mes de junio ( $n = 168$ ) como es día menos favorecido del año por el aporte solar.

Se debe tener en cuenta que en los casos con mejores resultados la consideración de un sistema térmico directo es posible. Este caso corresponde principalmente a las orientaciones Norte con distintas inclinaciones, siendo para la ciudad de Mendoza el caso 40-N el que presenta los valores más elevados de temperatura del aire en el colector. (Fig. 4)

Pero, los casos Este y Oeste, en particular el 90-E, no presentan posibilidades de aprovechamiento térmico directo debido a la poca diferencia de temperaturas que presenta en relación a la exterior. (Fig. 5) En estos casos, los sistemas combinados, que se refuerzan con sistemas térmicos puntuales, se presentan como una opción a estudiar.

## REFERENCIAS

- Alcor Cabrerizo, E. (2002) Instalaciones Solares Fotovoltaicas. 3ra edición. Ed. PROGENSA.
- Cuchi i Burgos, A., Castelló i Cortina, D. Díez i Bernabé, G y Sagrera i Cuscó, A. (2003). Parámetros de Sostenibilidad. Ed. Institut de Tecnologia de la Construcció de Catalunya.
- Duffie, J., y Beckman, W. (1991). Solar Engineering of thermal processes. 2da edición. Ed. John Wiley & Sons.
- Gamberale, M., Frankl, P. Ferro, P. (Ed.) (1999). Il Fotovoltaico integrato negli edifici. Ed. ISES Italia y ENEA.
- Liu, B. y Jordan, R. (1963) The Long –Term Average Performance of Flat-Plate Collectors. Solar Energy 7 – 53.
- Mañà i Reixach, F. Ed. (2002) La cubierta captadora en los edificios de viviendas. Ed. Institut de Tecnologia de la Construcció de Catalunya.
- Saravia, L., Echazú, R., Guerrero, F. Gramajo, C., García, M. y Fabris, A. (1983) Secado de pimientos: ensayos preliminares, construcción y ensayo de una planta piloto. ASADES 1983. Santa Rosa, La Pampa. pp. 1-7.